

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 39 35 610 A 1

⑳ Aktenzeichen: P 39 35 610.8
㉑ Anmeldetag: 26. 10. 89
㉒ Offenlegungstag: 2. 5. 91

㉓ Int. Cl.⁴:
H 01 L 35/32
H 01 L 27/16
H 01 L 23/38
H 01 S 3/043
G 01 N 25/68
G 01 K 7/16
G 01 W 1/02

DE 39 35 610 A 1

㉔ Anmelder:
Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, 8012
Ottobrunn, DE

㉕ Erfinder:
Seidel, Helmut, Dipl.-Phys. Dr., 8130 Starnberg, DE;
Müller, Gerhard, Dr., 8018 Grafing, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉖ Monolithisch integrierbares Peltier-Kühlelement

Auf mikromechanischem Wege hergestelltes monolithisches Bauelement insbesondere Halbleiter-Chip mit durch anisotropes Ätzen hergestellter dünner Membran, bestehend aus Substratmaterial oder auf dem Substrat aufgebracht, insbesondere in Form einer Folie, wobei sich über der Membran ein Peltier-Element befindet, dessen kalte Seite auf einem inselartigen Bereich des Substrats liegt, während die warme Seite auf einem äußeren rahmenartigen Bereich des Substrats angeordnet ist.

DE 39 35 610 A 1

Die Erfindung betrifft einen auf mikromechanischem Wege hergestellten Chip insbesondere Halbleiter-Chip mit durch anisotropes Ätzen hergestellter dünner Membran bestehend aus Substratmaterial oder auf dem Substrat aufgebracht, insbesondere in Form einer Folie.

Peltier-Kühler bestehen in der Regel aus einer Zusammenschaltung von n und p-dotierten Halbleitersegmenten, die mit Hilfe von Metallbrücken untereinander verbunden werden. Bei Stromfluß entsteht dabei an einer Kontaktseite ein Abkühlungseffekt, während an der zweiten eine Erwärmung erfolgt. Eine bekannte Anordnung ist in Fig. 1a und Fig. 1b dargestellt. Das am meisten verwendete Halbleitermaterial ist dabei Wismut-tellurid Bi_2Te_3 , da es die günstigsten Gütezahlen, die aus der Thermokraft sowie der elektrischen und thermischen Leitfähigkeit ermittelt werden, besitzt.

Solche Kühler sind relativ große Gebilde (im cm Bereich), die nicht ohne weiteres miniaturisierbar sind.

Aufgabe dieser Erfindung ist es, einen auf mikromechanischem Wege hergestellten Chip mit monolithisch integrierbarem Peltier-Kühler zu schaffen. Eine vorteilhafte Anwendung für ein solches Element ist ein Taupunktfühler, der in der Lage ist, mit sehr hoher Genauigkeit die absolute Feuchte eines Gases, insbesondere der Luft zu bestimmen. Bis heute stehen nur sehr unbefriedigende Lösungen für miniaturisierte und kostengünstige Feuchtefühler (z. B. nach dem kapazitiven Prinzip) zur Verfügung, die gewöhnlich sehr große Temperaturabhängigkeiten und Streuungen zeigen. Die Erfindung ist jedoch nicht auf diese Anwendung beschränkt, wie aus der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele hervorgeht.

Es zeigen:

Fig. 1a ein bekanntes Peltier-Element im Querschnitt,

Fig. 1b ein bekanntes Peltier-Element in Draufsicht,

Fig. 2 eine Membran auf einem Substrat aufgebracht,

Fig. 3 eine neue Peltier-Element-Anordnung auf einer Membran (als Sensor),

Fig. 4 eine neue Peltier-Element-Anordnung in zweistufiger Ausführung (als hochempfindlicher Sensor),

Fig. 5 einen integrierten Schaltkreis (IC) mit zusätzlich integriertem Peltier-Element,

Fig. 6 eine Laserdiode mit integriertem Peltier-Element.

Das Peltier-Element ist so ausgelegt, daß es mit den in der Mikroelektronik üblichen Fertigungsverfahren der Planartechnik herstellbar ist. Für die praktische Verwendung insbesondere als Taupunktfühler wird es auf einer abgedünnten Folie 1 angeordnet, um eine möglichst optimale thermische Isolation und eine sehr geringe thermische Masse zu erreichen. Eine solche dünne Membran in Form einer Folie 1 soll mit den anisotropen Ätzverfahren der Mikromechanik hergestellt werden. Eine schematische Darstellung des Querschnittes zeigt Fig. 2. Als Substrat 2 wird vorzugsweise Silizium verwendet, aber auch andere Halbleitermaterialien, wie z. B. GaAs oder Germanium sind geeignet. Die Membran kann aus einer dielektrischen Schicht, wie z. B. SiO_2 oder Si_3N_4 , oder aus Silizium selbst bestehen. Im letzteren Fall müßte aus Gründen der elektrischen Isolierung allerdings noch ein Dielektrikum auf der Siliziummembran angebracht werden. Typische Dicken solcher Membranen liegen im Bereich von $0,1 - 5 \mu\text{m}$.

Eine Draufsicht des Peltier-Elementes ist in Fig. 3 dargestellt. In einer näherungsweise konzentrischen Anordnung sollen jeweils p- bzw. n-dotierte Halbleiter-

bahnen 3, 4 zum Zentrum der Membran laufen und dort mit Metallbrücken verbunden werden. Damit werden alle kalten Punkte des Peltierelementes auf der Membran in einem zentralen Bereich/Insel 5 konzentriert, während die warmen Stellen, die ebenfalls mit Metallbrücken verbunden sind, außerhalb der Membran in einen Rahmenbereich 6 gelegt werden, wo aufgrund des dicken Substrates die auftretende Wärme gut abgeführt werden kann. Die Halbleiterschichten 3, 4 werden aufgrund der verwendbaren Abscheidetechniken (LP/CVD, oder Plasmaabscheidung) im allgemeinen polykristallin oder amorph werden. Als Schichten-Material bietet sich aufgrund seiner Kompatibilität mit anderen Prozessen wiederum Silizium an erster Stelle an, das z. B. mit Hilfe der Ionenimplantation in der gewünschten Weise dotiert werden kann (z. B. Bor für p-Typ, Phosphor für n-Typ). Grundsätzlich ist es auch möglich, eine Dünnschichtanordnung von Wismutellurid zu verwenden, das im Vergleich zu Silizium bessere Gütezahlen aufweist, jedoch sind hier wesentlich größere Kompatibilitätsprobleme zu erwarten.

Die Funktionsweise eines Taupunktfühlers nach Fig. 3 besteht darin, daß durch das Peltier-Element 3, 4 auf der dünnen Folie 1 eine lokale Abkühlung erfolgt, die schließlich beim Erreichen des Taupunktes zum Auskondensieren der Feuchtigkeit führt. Da bei der Kondensation eine relativ große Wärmemenge frei wird, bedeutet das, daß die Membran 1 nicht weiter heruntergekühlt werden kann. Somit genügt das Messen der Temperatur auf der Membran zur Ermittlung der Taupunkttemperatur, die bei bekannter Umgebungstemperatur in eine relative Feuchte umgerechnet werden kann. Die Temperaturmessung kann mit einem speziell für diesen Zweck aufgetragenen Temperaturfühler 7 erfolgen (z. B. Platin-Meßwiderstand), oder auch durch Ermittlung des elektrischen Widerstandes des Peltier-Elementes 3, 4 selbst, mit Hilfe elektrischer Leiterbahnen 8 und Kontaktpunkten (Bond pads) 9.

Für Anwendungen, wo besonders große Temperaturdifferenzen erforderlich sind, ist es auch möglich, eine zweistufige Anordnung des Peltier-Elementes vorzusehen, wie sie in Fig. 4 dargestellt ist. Dabei wird konzentrisch um das erste Peltierelement 3, 4 herum ein zweites 10, 11 angeordnet, so daß die warme Seite des inneren Elementes 3, 4 von der kalten Seite des äußeren 10, 11 gekühlt wird.

Mit vorliegender Erfindung ist es auch möglich, Halbleiter/IC-Chips in planarer Anordnung und mit guter Kompatibilität zu den üblichen Prozessen der Mikroelektronik mit Peltier-Kühlern zu integrieren.

Eine Anwendung ist die Kühlung von mikroelektronischen Schaltungen mit hoher Leistungsaufnahme, z. B. für Höchstgeschwindigkeitslogik. Eine dafür geeignete Anordnung zeigt Fig. 5. Die elektronische Schaltung befindet sich auf einer Substratinsel 5, die über eine dünne Membran 1 mit einem Substratrahmen 6 verbunden, aber dadurch weitgehend thermisch entkoppelt ist. Über der Membran 1 befindet sich ein Peltier-Element 12, 13, dessen kalte Seite auf der Substratinsel liegt, während die warme Seite auf dem äußeren Substratrahmen liegt, so daß darüber die entstehende Wärme abgeführt werden kann.

Eine ähnliche Ausführung ist anwendbar für die integrierte Kühlung von optoelektronischen Bauelementen, insbesondere von Halbleiter-Laserdioden, siehe Fig. 6. Dort ist eine sehr hohe Temperaturkonstanz gefordert, die nur mit einer aktiven Temperaturregelung erfüllt werden kann. Mit Hilfe der Erfindung ist es möglich,

eine komplette Kühleinheit mit Temperatursensor und Regelelektronik zusammen mit der Laserdiode zu integrieren. Laserdioden werden im allgemeinen aus Verbindungshalbleitern, wie z. B. GaAs oder InP aufgebaut.

In Fig. 6 ist die optische Bank 1 aus Halbleiter-Substrat mit Halterung 28 für Teile der Optik, wie Spiegel 23, Linsen 24 ersichtlich. Dazu sind die Halteteile 28 so ausgebildet, daß diese aus je zwei Balken in Form der V-Gräben 2' kreuzförmig (ineinander) z. B. elektrisch, magnetisch, fluidisch (mittels Überdruck/Unterdruck) in der Leitung 29 verschiebbar und/oder versetzbar sind (vgl. die Pfeile für mögliche Schiebebewegung in X-Y-Richtung). Die optischen Teile 23, 24, 25 sind kardanisch aufgehängt und sind von Aktuatoren 27 bewegbar, insbesondere schwenkbar, drehbar, längs und/oder quer, sowie relativ zu anderen Komponenten, Teilen, Elementen des Systems und der Basis 1', auch auf andere Niveaus (Z-Richtung). Ein Photoelement 21 dient zur Leistungsregelung der Laserdiode 1'' mit Hilfe des Halbleiters 10''.

Die Aktuatoren/Stellantriebe (elektrisch, magnetisch, fluidisch) und/oder Justierhilfen und/oder Regelung für Positionsänderungen einzelner Bauelemente/Bauteile wie Laserdiode 1''/Halbleiter 10'', ICs u. a. und ihre Steuerung können vom Fachmann je nach Anwendungsfall der Erfindung ausgewählt und daran angepaßt werden. Gleiches gilt für die Kühlung, Wärmeabfuhr, Wärmesenke, ohne auf die beschriebenen Ausführungen beschränkt zu sein.

Patentansprüche

1. Auf mikromechanischem Wege hergestelltes monolithisches Bauelement insbesondere Halbleiter-Chip mit durch anisotropes Ätzen hergestellter dünner Membran bestehend aus Substratmaterial oder auf dem Substrat aufgebracht, insbesondere in Form einer Folie, dadurch gekennzeichnet, daß sich über der Membran ein Peltier-Element befindet, dessen kalte Seite auf einem inselartigen Bereich des Substrats liegt, während die warme Seite auf einem äußeren rahmenartigen Bereich des Substrats angeordnet ist.
2. Chip nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich Segmente von p- bzw. n-dotierten Halbleitern vom äußeren Rahmen des Substrats bis zum inneren inselartigen Bereich des Substrats erstrecken und untereinander mit Metallbrücken verbunden werden.
3. Chip nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Substrat Materialien die Halbleiter Silizium, Galliumarsenid, Germanium oder Indiumphosphid angewandt sind.
4. Chip nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran aus einer dielektrischen Schicht wie z.B. Siliziumdioxid oder Siliziumnitrid, Siliziumkarbid, Diamant, Siliziumkarbonitrid besteht oder aus einem der Substratmaterialien nach Anspruch 3, insbesondere als Folie in einer Dicke von 0,1 – 5 µm, und auf mikromechanischem Weg hergestellt wurde.
5. Chip nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran mit dem Substrat anodisch verbunden ist.
6. Chip nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Peltier-Element in abwechselnd zwischen Metallbrücken angeordnete p- bzw. n-dotierte Bereiche aufgeteilt ist

und diese in Dünnschichttechnik abgeschieden sind, insbesondere durch Niederdruck Abscheidung auf physikalischem oder chemischem Wege (LPCVD) oder Plasmaabscheidung (PECVD), wobei die Dotierung insbesondere mit Hilfe der Ionenimplantation durchgeführt wird.

7. Chip nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Temperatur-Meßwiderstand, insbesondere ein Platinmeßwiderstand ebenfalls in Dünnschichttechnik aufgebracht ist auf dem Inselbereich (Membran) im Zentrum des Chips.

8. Verwendung eines Chips nach einem der vorhergehenden Ansprüche für Sensoren mit integriertem Kühler, insbesondere Taupunktsensoren.

9. Chip nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Peltier-Element 2-stufig einander umgebend angeordnet ist.

10. Chip nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Verwendung für integrierte Schaltkreise die von einem Peltier-Kühlelement kühlbar sind.

11. Chip nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Verwendung bei Halbleiterlaserdioden, die mit Hilfe eines Peltier-Elementes gekühlt werden und sowohl einen Temperatursensor als auch eine Temperaturregelung aufweisen.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

THIS PAGE BLANK (USPTO)

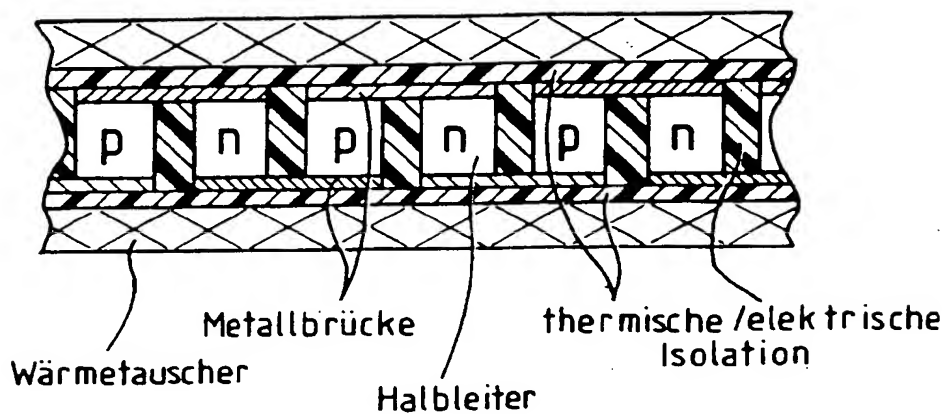


FIG. 1a

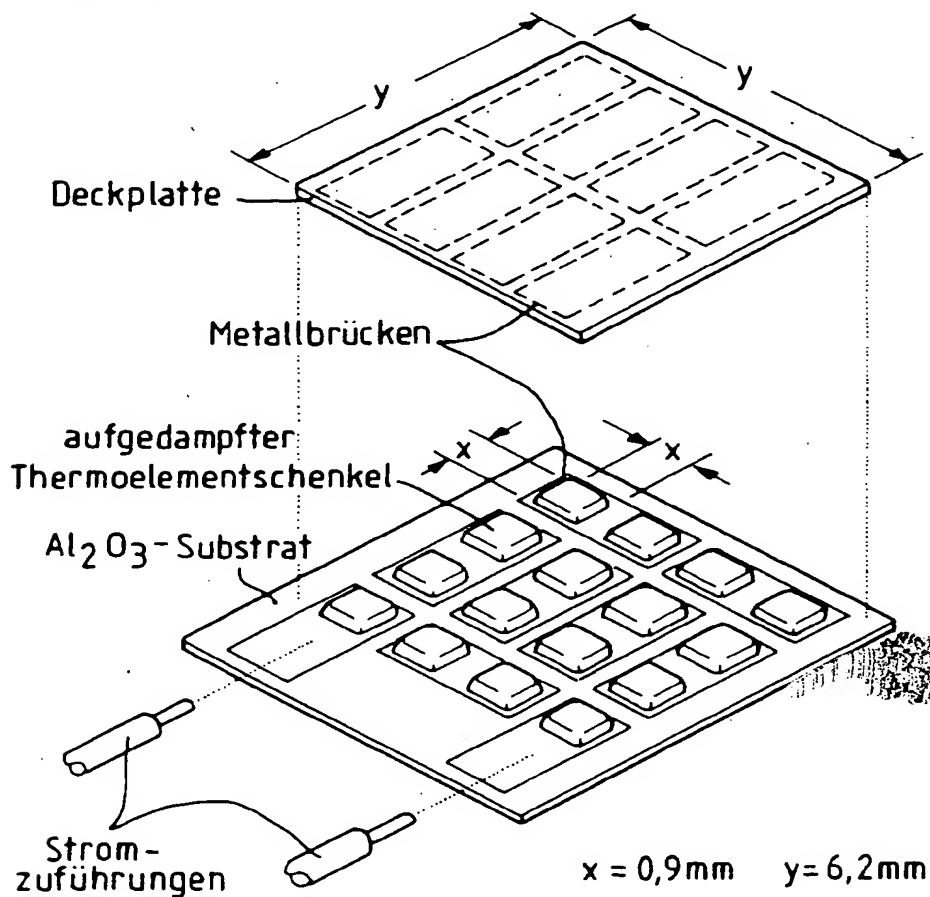
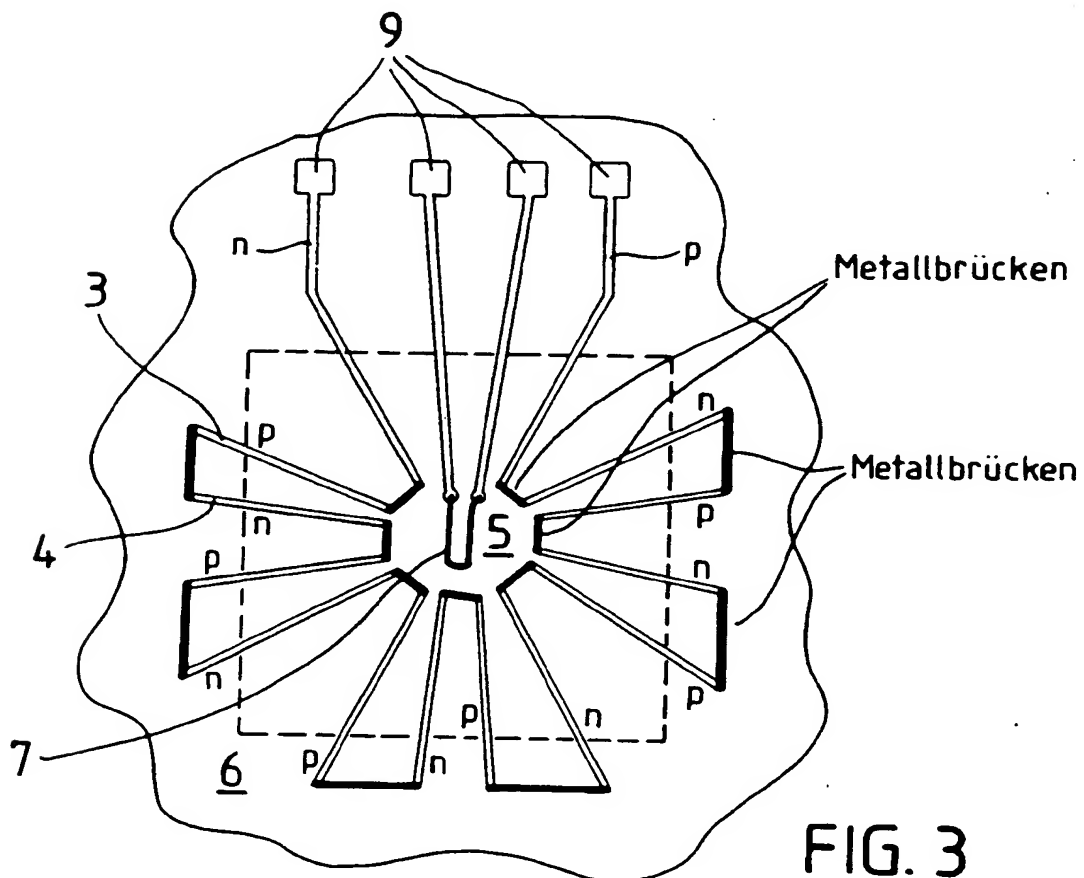
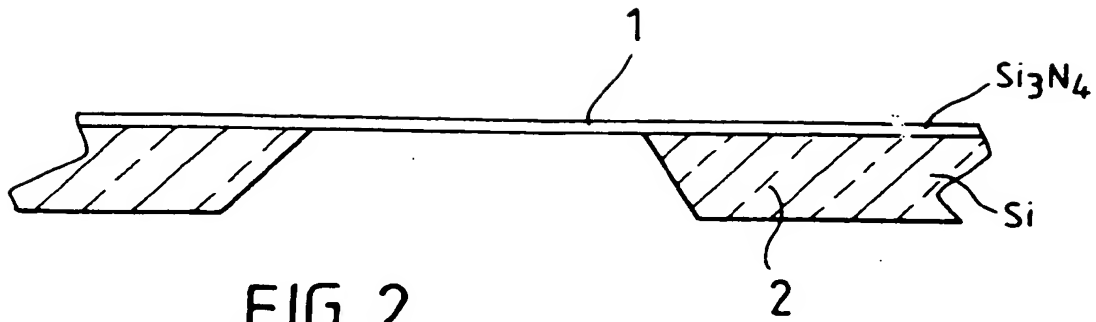
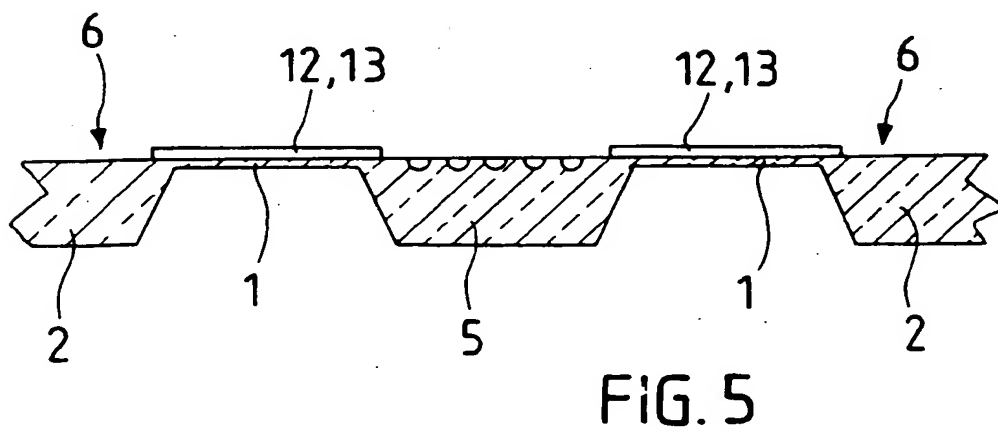
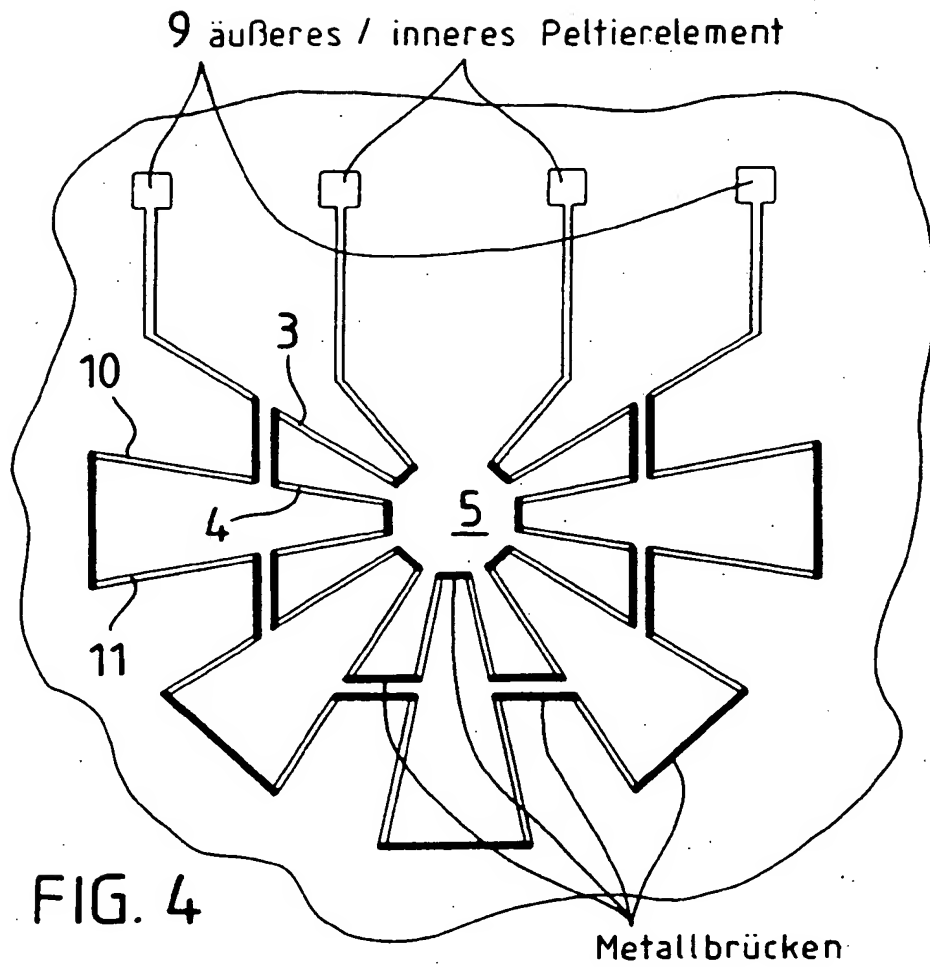


FIG. 1b

BEST AVAILABLE COPY





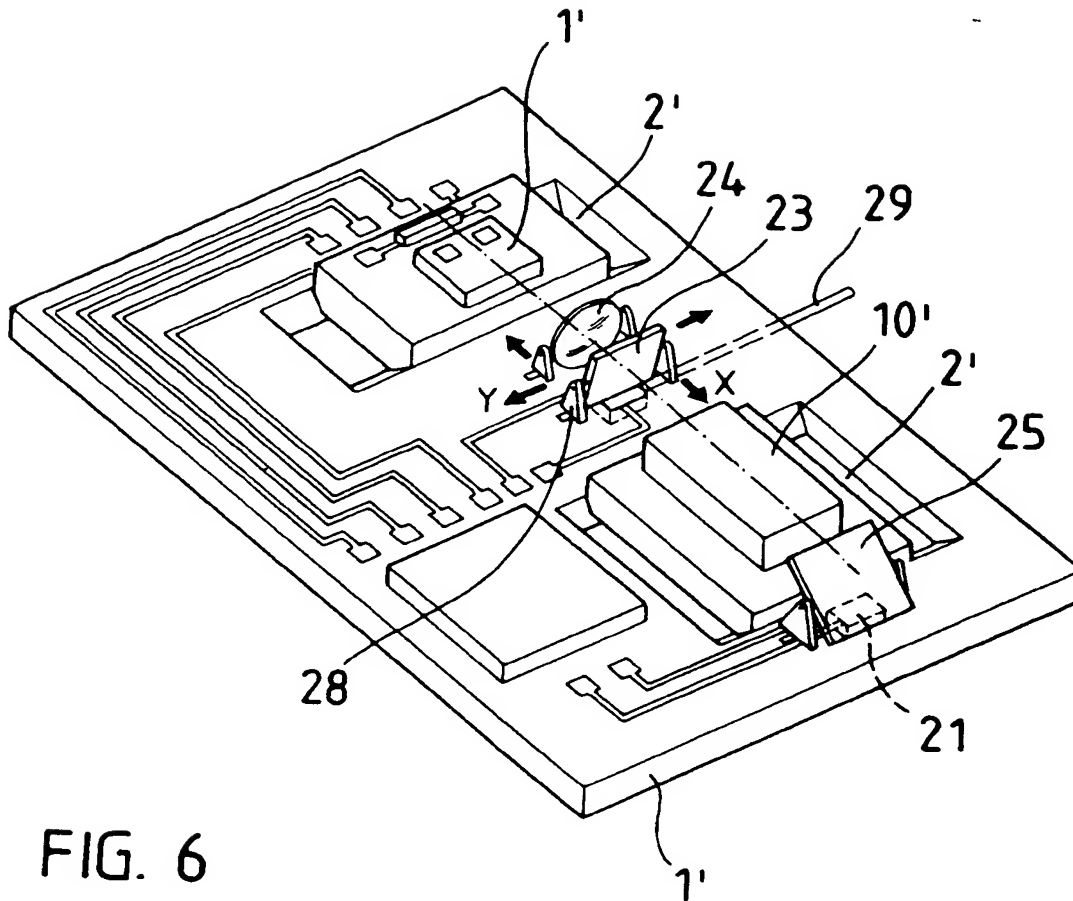


FIG. 6